



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 21 226.5
22 Anmeldetag: 26. 6. 87
43 Offenlegungstag: 5. 1. 89

DE 37 21 226 A 1

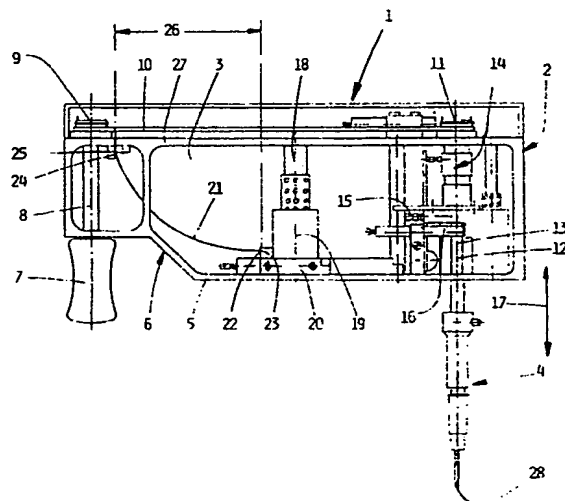
71 Anmelder:
Fritsch, Adalbert, 8455 Kastl, DE

74 Vertreter:
Tergau, E., Dipl.-Ing.; Pohl, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8500 Nürnberg

72 Erfinder:
gleich Anmelder

54 Manipulator für SMD-Bauelemente

Die Erfindung betrifft einen Manipulator für die Bestückung von Leiterplatten mit SMD-Bauelementen von Hand mit einem über jeweils längsaxial geführte Schubschienen (Schubstange 18, Horizontalschubschiene 20) an einem Lagergestell in den drei Raumrichtungen frei und unabhängig voneinander geführten, von der Bedienungsperson bewegbaren Manipulatorkopf (1), der eine vorzugsweise um eine Vertikalachse (12) frei drehbare Vakuum-Saugpipette (4) zum Halten des jeweils manipulierten SMD-Bauelementes trägt. Der Manipulatorkopf (1) unterliegt abhängig von seiner Vertikalhubstellung einer Federbelastung in Vertikalrichtung (17) mit einer derartigen Funktionscharakteristik, daß er ab einer zwischen seiner oberen Anhebe- (H_O) und unteren Absenkstellung (H_U) liegenden Hubzwischenstellung (H_Z) bis zu seiner Absenkstellung (H_U) von einer vertikal nach unten gerichteten Kraft (F_{RES}) beaufschlagt ist.



DE 37 21 226 A 1

1. Manipulator für die Bestückung von Leiterplatten mit SMD-Bauelementen von Hand mit einem über jeweils längsaxial geführte Schubschienen (Schubstange 18, Horizontalschubstange 20) an einem Lagergestell in den drei Raumrichtungen frei und unabhängig voneinander geführten, von der Bedienungsperson bewegbaren Manipulatorkopf (1), der eine vorzugsweise um eine Vertikalachse (12) frei drehbare Vakuum-Saugpipette (4) zum Halten des jeweils manipulierten SMD-Bauelementes trägt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Manipulatorkopf (1) abhängig von seiner Vertikalhubstellung einer Federbelastung in Vertikalrichtung (17) mit einer derartigen Funktionscharakteristik unterliegt, daß er ab einer zwischen seiner oberen Anhebe- (H_O) und unteren Absenkstellung (H_U) liegenden Hubzwischenstellung (H_Z) bis zu seiner Absenkstellung (H_U) von einer vertikal nach unten gerichteten Kraft (F_{RES}) beaufschlagt ist.

2. Manipulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Manipulatorkopf (1) und der dessen Vertikalschubstange (Schubstange 18) führenden, in Vertikalrichtung (17) lagefesten Schubstange (Horizontalschubstange 20) ein Federmechanismus mit nichtlinearer, degressiver Federcharakteristik eingesetzt ist, so daß der Hubweg (H) des Manipulatorkopfes (1) in Vertikalrichtung (17) in zwei durch die Hubzwischenstellung (H_Z) getrennte Bereiche (B_O , B_U) geteilt ist, nämlich

- in einen ersten, oben liegenden Bereich (B_O), in dem der Manipulatorkopf (1) nach oben kraftbeaufschlagt ist und
- in einen zweiten, unten liegenden Bereich (B_U), in dem der Manipulatorkopf (1) nach unten kraftbeaufschlagt ist.

3. Manipulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Vertikalhubstellung des Manipulatorkopfes (1) abhängige Kraftbeaufschlagung (F_{RES}) aus der Vektorsumme der konstanten, nach unten gerichteten Gewichtskraft (F_G) des Manipulatorkopfes (1) und der von dem Federmechanismus herrührenden, nach oben gerichteten Federkraft (F_F) auf den Manipulatorkopf (1) resultiert.

4. Manipulator nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Federmechanismus eine zwischen der in Vertikalrichtung (17) lagefesten Schubstange (Horizontalschubstange 18) und dem Manipulatorkopf (1) eingespannte Blattfeder (21) enthält.

5. Manipulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Blattfeder (21) mit ihren beiden Stirnenden (22, 24) zwischen

- einerseits einem ersten Schneidenlager (23) am Führungsende (Führungsauge 19) der die Vertikalschubstange (Schubstange 18) des Manipulatorkopfes (1) führenden Horizontalschubstange (20) und
- andererseits in einem zweiten, mit Seitenversatz (26) oberhalb des ersten Schneidenlagers (23) angeordneten Schneidenlager (25) am Manipulatorkopf (1) derart eingespannt ist, daß die Blattfeder (21)
- in der Anhebestellung (H_O) des Manipula-

torkopfes (1) die Form etwa einer Vierteilellipse und

- in Absenkstellung (H_U) des Manipulatorkopfes (1) etwa die Form einer Halbellipse annimmt, wobei das Schneidenlager (25) am Manipulatorkopf (1) bei dessen Hubverschiebung aus der Anhebe- (H_O) in die Absenkstellung (H_U) eine lineare Bewegung in Vertikalrichtung (17) nach unten durchführt.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Manipulator für die Bestückung von Leiterplatten mit SMD-Bauelementen von Hand mit den im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Merkmalen.

Im Zuge der zunehmenden Miniaturisierung in der Elektronik wird in zunehmendem Maße auf die sogenannte SMD-Technik (Surface-mounted-device) umgestellt. Dies bedeutet, daß gegenüber herkömmlichen elektronischen Bauelementen in ihren äußeren Dimensionen drastisch verkleinerte Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren, integrierte Schaltkreise etc. verwendet werden, die über Lötstellen lediglich auf der Oberfläche der Leiterplatte befestigt sind. Bei der neuartigen SMD-Technik weisen die verschiedenen Bauelemente keine Anschlußbeinchen mehr auf, die durch Bohrungen in der Leiterplatte hindurchgesteckt und auf der den Bauelementen abgewandten Seite verlötet werden.

Problematisch bei der Handbestückung von Leiterplatten mit SMD-Bauelementen ist deren geringe Größe. Sogar die Handbestückung mit einer Pinzette oder einem mit einer Vakuum-Saugpipette ausgerüsteten Griffel ist auf Dauer aus arbeitstechnischen, Qualitäts- und Rationalitätsgründen nicht möglich.

Es existieren zwar Bestückungsautomaten für SMD-Bauelemente, jedoch sind diese wirtschaftlich nur bei einer Serienfertigung von Leiterplatten anwendbar. In der Entwicklung neuer (SMD-)Schaltungen, bei Voroder Kleinserien muß also die Leiterplatte von Hand bestückt werden. Dazu sind sogenannte Manipulatoren geeignet, die einen von der Bedienungsperson manuell bewegbaren Manipulatorkopf aufweisen, der eine vorzugsweise um eine Vertikalachse frei drehbare Vakuum-Saugpipette zum Halten des jeweils manipulierten SMD-Bauelementes trägt. Der Manipulatorkopf ist über jeweils längsaxial beispielsweise in Rollengestellen geführte Schubschienen an einem Lagergestell in den drei Raumrichtungen frei und unabhängig voneinander bewegbar.

Die SMD-Bauelemente werden sukzessive in einem sogenannten "Pick-and-Place-Verfahren" auf die Leiterplatte aufgebracht. Dazu wird der Manipulatorkopf mit der Spitze seiner Vakuum-Saugpipette auf das sich in einem Vorratsbehälter befindliche Bauelement aufgesetzt. Der Unterdruck wird durch das Aufsetzen mittels eines Distanzschalters eingeschaltet und dadurch das entsprechende Bauelement an der Vakuum-Saugpipette gehalten. Anschließend wird das Bauelement durch entsprechende manuelle Führung des Manipulatorkopfes in seine Montageposition auf der Leiterplatte gebracht. Dies ist durch die leichtgängige und spielfreie Führung des Manipulatorkopfes an den Schubschienen in den drei Raumrichtungen bequem, sicher und auf Dauer ermüdungsfrei möglich. Wird das Bauelement durch Absenken des Manipulatorkopfes auf die Leiterplatte gesetzt, wird durch den Distanzschalter das die Saugpipet-

te beaufschlagende Vakuum wiederum abgeschaltet, das Bauelement bleibt beim Hochheben des Manipulatorkopfes auf der Leiterplatte liegen.

Problematisch bei der SMD-Technik ist die Tatsache, daß die Bauelemente nicht mehr durch das Durchstecken von Anschlußbeinchen durch Bohrungen in der Leiterplatte bis zum eigentlichen Verlöten (Wellenlöten, Reflow-Löten) festgehalten werden. Infolgedessen müssen die Bauelemente zumindest zwischenzeitlich fixiert werden, was mittels eines Kleberauftrages, Lötpaste od.dgl. erfolgt. Liegt das Bauelement frei auf der Leiterplatte, so kann es sich beim Aufbringen dieser Materialien aus seiner Soll-Lage verschieben, wodurch Leiterplattenfehler (falsche oder fehlende elektrische Verbindungen zwischen den Leiterbahnen und den Bauelementen) auftreten können.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den Manipulator so weiter zu bilden, daß er in der Lage ist, das plazierte SMD-Bauelement zum Anbringen von Lötpaste, Kleber od.dgl. selbsttätig festzuhalten.

Die Lösung dieser Aufgabe ist in den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 angegeben. Der Manipulatorkopf unterliegt abhängig von seiner Vertikalhubstellung einer Federbelastung in Vertikalrichtung mit einer derartigen Funktionscharakteristik, daß er ab einer zwischen seiner oberen Anhebe- und unteren Absenkstellung liegenden Hubzwischenstellung bis zu seiner Absenkstellung von einer vertikal nach unten gerichteten Kraft beaufschlagt ist. Wird also beim Absenken des Manipulatorkopfes die Hubzwischenstellung überschritten, so kann der Manipulatorkopf selbsttätig nach unten fahren, bis das Bauelement auf der Leiterplatte aufliegt. Wird in dieser Stellung der Manipulatorkopf losgelassen, so hält die nach unten gerichtete Kraft das Bauelement an seinem Platz fest. Es ist somit fixiert und kann sich beim Anbringen von Lötpaste, Kleber od.dgl. nicht verschieben. Durch den Erfindungsgegenstand wird die Handhabung der SMD-Bauelemente über die bekannten Manipulatoreigenschaften hinaus verbessert, die bestückten Leiterplatten weisen eine geringere Fehlerquote auf und die Bestückung wird für die Bedienungsperson noch ermüdungsfreier.

Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Manipulators. Nach Anspruch 2 wird die geschilderte Funktionscharakteristik durch einen Federmechanismus mit nichtlinearer, degressiver Federcharakteristik erzeugt, der zwischen dem Manipulatorkopf und der dessen Vertikalhubschubschiene führenden, in Vertikalrichtung lagefesten Schubschiene eingesetzt ist. Durch die Teilung des Hubweges des Manipulatorkopfes in zwei durch die Hubzwischenstellung getrennte Bereiche wird eine Art Übertotpunkt-Charakteristik der Kraftbeaufschlagung erzeugt. Solange sich der Manipulatorkopf oberhalb der Hubzwischenstellung befindet, ist er nach oben kraftbeaufschlagt. Die Hubzwischenstellung stellt quasi den Totpunkt der Anordnung dar. Wird der Manipulatorkopf nach unten über diesen hinausgeführt, so ist er nach unten kraftbeaufschlagt. Als Federmechanismus sind verschiedene Anordnungen beispielsweise mit Schrauben-, Spiral- oder Blattfedern denkbar, die die angegebene Funktionscharakteristik erfüllen. Dies kann beispielsweise durch eine spezielle Federauslegung in Gestalt Material bzw. durch eine besondere geometrische Anordnung der Feder(n) erfolgen.

Nach Anspruch 3 wird die von der Vertikalhubstellung des Manipulatorkopfes abhängige Kraftbeauf-

schlagung aus der Vektorsumme der konstanten, nach unten gerichteten Gewichtskraft des Manipulatorkopfes und der von dem Federmechanismus herrührenden, nach oben gerichteten Federkraft auf den Manipulatorkopf erzeugt. Dies bedeutet, daß der Federmechanismus so ausgelegt sein kann, daß er während des gesamten Hubes des Manipulatorkopfes eine nach oben gerichtete Kraft erzeugen kann, also kein Übertotpunktverhalten mit von oben nach unten wechselnder Krafrichtung aufweisen muß. Es reicht ein degressiver Federverlauf, d.h. zumindest in einem Teilbereich des Hubweges des Manipulatorkopfes muß die Federkraft abnehmen. Sobald nämlich die nach oben gerichtete Federkraft die Gewichtskraft des Manipulatorkopfes unterschreitet, wirkt die aus der Vektorsumme aus diesen beiden Kräften gebildete, resultierende Kraft nach unten, womit die in den Ansprüchen 1 und 2 angegebene Funktionscharakteristik realisiert ist. Es ergibt sich dadurch weiterhin der Vorteil, daß die Hubzwischenstellung, ab der der Manipulatorkopf nach unten kraftbeaufschlagt wird, durch Veränderung des Gewichtes des Manipulatorkopfes variabel ist. Durch Zusatzgewichte kann also die Festhaltekraft auf das auf der Leiterplatte liegende SMD-Bauelement eingestellt werden.

Im Anspruch 4 ist eine konstruktiv einfache Möglichkeit zur Realisierung des Federmechanismus angegeben. Dieser besteht lediglich aus einer zwischen der in Vertikalrichtung lagefesten Schubschiene zur Halterung des Manipulatorkopfes und diesem selbst eingespannten Blattfeder.

In Anspruch 5 ist die Lagerung dieser Blattfeder zwischen dem Manipulatorkopf und der dessen Vertikalhubschubschiene führende Horizontalschubschiene angegeben. Mittels der durch die Einspannung hervorgerufenen Krümmung der Blattfeder wird die in den vorstehenden Ansprüchen angegebene Funktionscharakteristik des Manipulatorkopfes auf konstruktiv und funktionell einfache Weise erzeugt.

Die Erfindung wird anhand der beiliegenden Figuren in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht des Manipulatorkopfes bei geöffnetem Innenraum,
Fig. 2 eine schematische Darstellung des Federmechanismus in Anhebe- und Absenkstellung des Manipulatorkopfes und

Fig. 3 ein Hubweg-Kraft-Diagramm zur Darstellung der erfindungsgemäßen Funktionscharakteristik des Manipulatorkopfes.

Der in Fig. 1 gezeigte Manipulatorkopf 1 enthält als tragendes Bauteil einen gefrästen, etwa rechteckigen, vertikal angeordneten Aluminiumrahmen 2, der beidseitig durch Deckel 3 verschlossen ist. Der dem Zeichnungsbetrachter zugewandte Deckel ist entfernt, die innenliegenden Bauteile sind in Fig. 1 also erkennbar.

Ein erstes wesentliches Bauteil des Manipulatorkopfes 1 ist die Vakuum-Saugpipette 4, die seitlich an der Unterseite 5 des Aluminiumrahmens 2 vertikal nach unten vom Manipulatorkopf 1 absteht. Auf der der Pipette gegenüberliegenden Seite ist in einem Höhenversatz 6 der Unterseite 5 des Manipulatorkopfes 1 der drehbare Handgriff 7 angeordnet, mittels dem der Manipulatorkopf 1 innerhalb des Verfahrbereiches des Manipulators in den drei Raumrichtungen bewegt werden kann. Der Handgriff 7 ist auf eine Achse 8 im Aluminiumrahmen 2 gelagert, an deren dem Handgriff 7 gegenüberliegenden Ende eine Antriebsscheibe 9 für einen Treibriemen 10 sitzt. Die Vakuum-Saugpipette 4 ist ebenfalls im Aluminiumrahmen 2 frei um die Vertikalachse 12 drehbar ge-

lagert. Zu ihrem Antrieb weist sie an dem der Saugpipette 4 abgewandten Ende der Drehachse 13 eine Antriebsscheibe 11 auf. Eine Drehbewegung am Handgriff 7 wird von der Antriebsscheibe g über den horizontal unterhalb des oberen Rahmentails verlaufenden Treibriemen 10 auf die Antriebsscheibe 11 und damit die Vakuum-Saugpipette 4 übertragen.

In ihrem innerhalb des Aluminiumrahmens 2 gelegenen Teil ist die Drehachse 13 von einer Vakuumzuführung 14 für die Saugpipette umgeben. Am Anschlußstutzen 15 der Zuführung 14 ist ein (nicht dargestellter) Unterdruckschlauch angesetzt, der mit einer Vakuumpumpe in Verbindung steht.

Der Aluminiumrahmen 2 trägt etwa mittig zwischen seinem die Unterseite 5 bildenden Rahmenholm und der Horizontalrahmenstrebe 27 in Vertikalrichtung 17 die im Horizontalschnitt kreisrunde Schubstange 18. Diese wird in einem zylinderringförmigen Führungsauge 19 in Vertikalrichtung 17 verschiebbar geführt. Das Führungsauge 19 ist am manipulatorkopfseitigen Ende der Horizontalschubschiene 20 angeordnet, die in Fig. 1 als flaches Rechteck im Querschnitt angedeutet ist. Zur Leichtgängigkeit des Manipulatorkopfes 1 ist zwischen dem Führungsauge 19 und der Schubstange 18 ein Zylinderring-Kugellager 29 eingelegt. Über die Horizontalschubschiene 20 werden auch der Unterdruck zum Betrieb der Vakuum-Saugpipette 4 und verschiedene elektrische Zuleitungen zum Manipulatorkopf 1 herangeführt.

Zwischen dem Führungsauge 19 und dem Aluminiumrahmen 2 des Manipulatorkopfes 1 ist als Federmechanismus die Blattfeder 21 eingespannt. Das in Vertikalrichtung 17 lagefeste Stirnende 22 der Blattfeder 21 ist im Schneidenlager 23 seitlich am Führungsauge 19 befestigt. Mit ihrem manipulatorkopfseitigen Stirnende 24 stützt sich die Blattfeder 21 an einem Schneidenlager 25 ab, das mit Seitenversatz 26 oberhalb des Schneidenlagers 23 an der Unterseite der Horizontalrahmenstrebe 27 angeordnet ist. In der in Fig. 1 gezeigten Anhebestellung (H_O) des Manipulatorkopfes 1 beschreibt die Blattfeder 21 etwa die Form einer Vierteilellipse.

Beim Einsatz des Manipulators zum Bestücken von Leiterplatten mit SMD-Bauelementen von Hand wird der Manipulatorkopf 1 durch Betätigung am Handgriff 7 mit der Spitze 28 der Vakuum-Saugpipette 4 auf ein SMD-Bauelement in einem Behälter (jeweils nicht dargestellt) aufgesetzt. Wird der Manipulatorkopf 1 noch etwas vertikal nach unten gedrückt, so wird dies über einen Distanzschalter 16 detektiert, der ein Ventil in der Vakuumzuleitung öffnet. Dadurch wird das SMD-Bauelement an der Spitze 28 der Vakuum-Saugpipette angesaugt und festgehalten. Es kann mittels des Manipulatorkopfes 1 an die entsprechende Stelle auf der Leiterplatte aufgesetzt werden. Wird auch hier der Manipulatorkopf 1 nach dem Aufsetzen weiter nach unten verschoben, so wird dies wiederum vom Distanzschalter detektiert und das Ventil in der Vakuum-Zuleitung geschlossen. Dadurch wird das SMD-Bauelement losgelassen.

Erfindungswesentlich ist die Funktionscharakteristik des Manipulatorkopfes 1, die durch den erfindungsgemäßen Blattfedermechanismus 21 erzielt wird. Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, wird beim Absenken des Manipulatorkopfes 1 aus der Anhebestellung (durchgezogene Linie in Fig. 2) in die Absenkstellung (strichlierte Linie in Fig. 2) die Blattfeder ausgehend von der Form etwa einer Vierteilellipse in die Form etwa einer Halbellipse deformiert. Dadurch zeigt die von der Blatt-

feder 21 vertikal nach oben auf den Manipulatorkopf 1 ausgeübte Federkraft F_F den in Fig. 3 gezeigten degressiven Verlauf. Der Betrag dieser Federkraft F_F ist auf die Gewichtskraft F_G des Manipulatorkopfes 1 so abgestimmt, daß ab einer bestimmten Zwischenstellung H_Z zwischen der Anhebestellung des Manipulatorkopfes 1 (H_O in Fig. 3) und dessen Absenkstellung (H_U in Fig. 3) die aus der Vektorsumme dieser beiden Kräfte resultierende Kraftbeaufschlagung F_{RES} nach unten gerichtet ist. Der Hubweg H des Manipulatorkopfes 1 ist also in Vertikalrichtung 17 in zwei durch die Hubzwischenstellung H_Z getrennte Bereiche geteilt, nämlich in einen ersten, oben liegenden Bereich B_O , in dem der Manipulatorkopf 1 nach oben kraftbeaufschlagt ist, und in einen zweiten, unten liegenden Bereich B_U , in dem der Manipulatorkopf 1 nach unten kraftbeaufschlagt ist.

Ist die Hubzwischenstellung H_Z beim Führen des Manipulatorkopfes 1 nach unten zum Aufsetzen eines SMD-Bauelementes auf eine Leiterplatte überschritten, so fährt der Manipulatorkopf 1 quasi selbsttätig nach unten und hält das SMD-Bauelement mit der Kraft F_{RES} auf der Leiterplatte fest. Es kann also Lötpaste, Kleber oder ähnliches aufgebracht werden, ohne daß das SMD-Bauelement positionsverschoben wird.

Es ist darauf hinzuweisen, daß durch den Federmechanismus nicht nur die beschriebene Funktionscharakteristik des Manipulatorkopfes 1 erzielt wird, sondern gleichzeitig auch ein Großteil des Gewichtes des Manipulatorkopfes 1 kompensiert wird. Das Arbeiten mit dem Manipulator wird also noch leichtgängiger und bequemer, also ermüdungsfreier.

Als Alternative zu der Blattfeder 21 könnte zwischen die beiden Schneidenlager 23, 25 auch eine Druckfeder eingespannt sein. Diese wird zwar beim Absenken des Manipulatorkopfes 1 zusammengedrückt, wodurch sich nach dem elastischen Federgesetz die Federkraft erhöht, da die Druckfeder jedoch in Richtung zur Horizontalen geneigt wird, wird die auf den Manipulatorkopf 1 wirkende Vertikalkomponente dieser Kraft geringer, wodurch die Federkraftserhöhung kompensiert wird. Insgesamt ergäbe sich also ein dem in Fig. 3 ähnlicher, degressiver Federkraftverlauf mit der prinzipiell gleichen Funktionscharakteristik des Manipulatorkopfes.

Bezugszeichenliste

1	Manipulatorkopf
2	Aluminiumrahmen
3	Deckel
4	Vakuum-Saugpipette
5	Unterseite
6	Höhenversatz
7	Handgriff
8	Achse
9	Antriebsscheibe
10	Treibriemen
11	Antriebsscheibe
12	Vertikalachse
13	Drehachse
14	Vakuumzuführung
15	Anschlußstutzen
16	Distanzschalter
17	Vertikalrichtung
18	Schubstange
19	Führungsauge
20	Horizontalschubschiene
21	Blattfeder

22, Stirnende
23, Schneidenlager
24, Stirnende
25, Schneidenlager
26, Seitenversatz
27, Horizontalrahmenstrebe
28, Spitze
 H_Z Hubzwischenstellung
 H_O Absenkstellung
 H_U Absenkstellung
 H Hubweg
 F_F Federkraft
 F_G Gewichtskraft
 F_{RES} resultierende Kraft
 B_O obenliegender Bereich
 B_U untenliegender Bereich

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

372122G

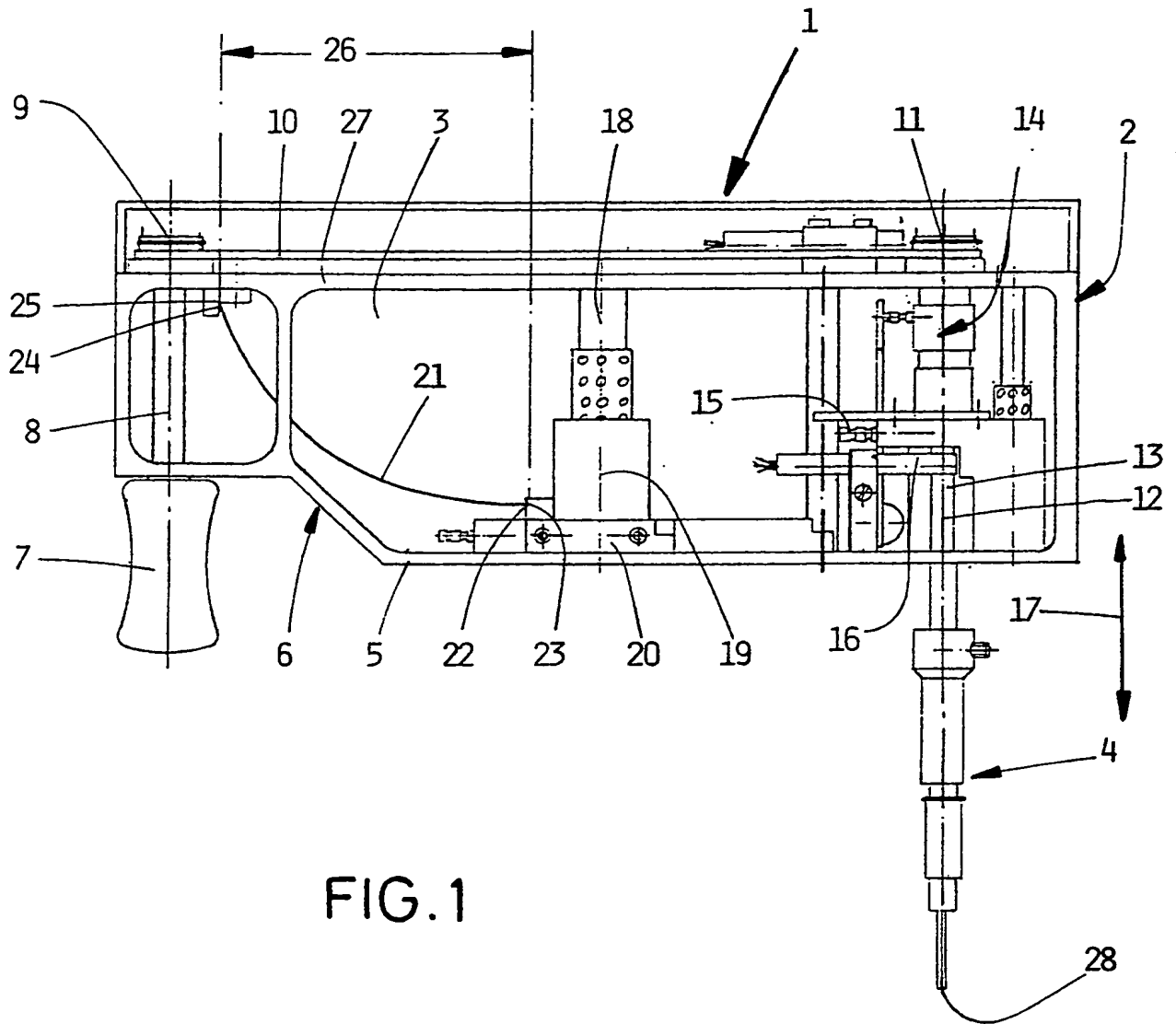


FIG. 1

372122C

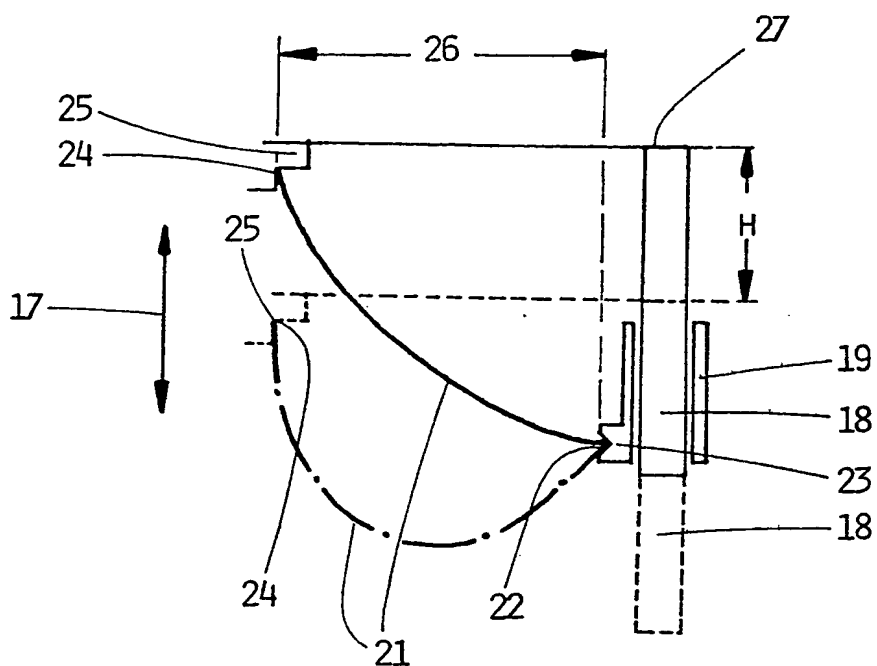


FIG. 2

372122C

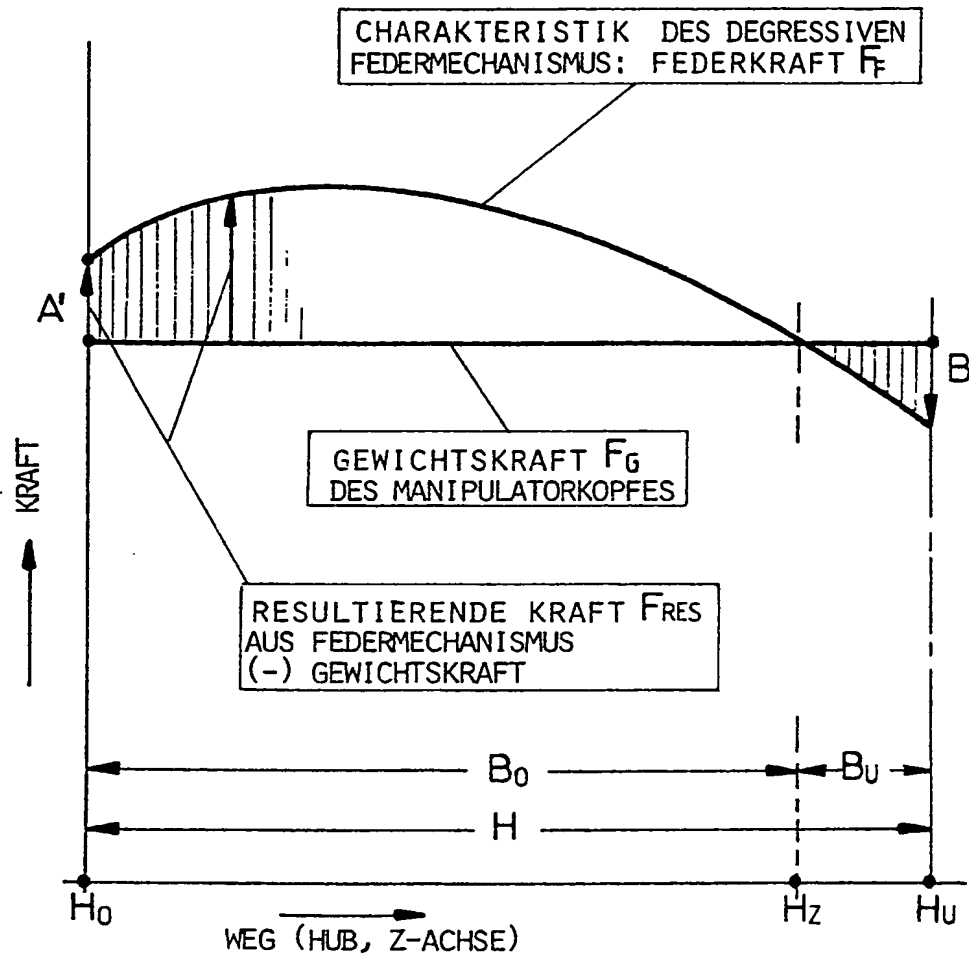


FIG.3